

雙 月 刊
核能簡訊
NUCLEAR
NEWSLETTER
NO. 121
2009 DECEMBER
漫談-設置國際高放廢棄物處置場
在氡三溫暖體驗輻射激效
日本首度裝填MOX燃料
奠定未來核燃料循環基礎
史上頭一遭-綠色和平組織不再強力反核
美國能源部長：我寧願住在核電廠附近
北極圈內的
千湖之國 芬蘭
芬蘭的放射性廢棄物
最終處置計畫

核能簡訊 NUCLEAR NEWSLETTER

NO.121 雙月刊
December 中華民國九十八年12月號

## 專題報導



## 核能脈動



## 輻射看板



## 核能新聞



出版單位：中華民國核能學會
財團法人核能資訊中心
地　　址：新竹市光復路二段一Ｏ一號研發大樓208室
電　　話：（03）571-1808
傳　　真：（03）572-5461
網　　址：http://www.nicenter.org.tw
E-mail：nicenter@nicenter.org.tw
發行人：朱鐵吉
編輯委員：李四海、徐懷瓊、梁鐵民、黃文盛、劉仁賢、潘欽、蔡顯修、謝牧謙、顏上惠（依筆畫順序）
主　　編：朱鐵吉
顧　　問：喻冀平
文　　編：鍾玉娟、翁明琪、陳婉玉
設計排版：長榮國際　文化事業本部
地　　址：台北市民生東路二段166號6樓
電　　話：02-2500-1172
製版印刷：長榮國際股份有限公司　印刷廠

## 編者的話

芬蘭，這個位於地球極北、天寒地凍的島國，總人口數不到600萬，卻是全球競爭力成長第一名的國家；更特別的是，芬蘭是世界上最早展開高放射性廢棄物最終處置場工程的國家。

芬蘭的高放最終處置場位於優拉佑基市，從首都赫爾辛基搭飛機1小時，然後再坐汽車約半小時路程，人口約6,000人。這裡同時還有歐基盧歐圖核電廠與低放射性廢棄物最終處置場。

整個選擇處置場場址的過程是：由政府選出327個候選地區，最後淘汰到只剩下3個地方，再詢問居民的意願。而負責綜合民意的是地方議員，這些議員是為了讓地方經濟欣欣向榮而被選出的，由於事關選舉得票，一定要以中立的立場正確的傳達居民的心聲。

為什麼不舉行「公投」？芬蘭人說：「已經有代表居民的議員在奔走，何苦再勞師動眾舉辦公投呢？」這是多麼睿智的回答呀！

優拉佑基市的議員投票結果，以20比7通過設置場址。再經過國會作最後決定的投票時，總數200名的國會議員中，以159比3的懸殊比數通過。反對的3票中共產黨2人，另1人為基督教民主同盟。

以反對黨自居的綠黨，其想法也相當理性：最終處置場的問題必須在我們這一代解決，提案中沒有違反法律的相關規定，因此以黨的立場全面贊成。

由提案到獲得居民形成共識雖然花了約10年的時間，但是並沒有耗費太多行政資源，也沒有因對立而造成的社會成本。芬蘭上自政府下至議員與民眾，一致認為享用核能的代價就是必須積極地處理放射性廢棄物；形成共識之後，即以理性、智慧的態度面對問題，進而有效率的獲得解答。

集體的理性與智慧，或許就是芬蘭之所以能自酷寒中崛起、讓全世界驚豔的原因。



# 北極圈內的千湖之國 芬蘭

文．編輯室

芬蘭位於北歐，東邊是俄羅斯，南邊面臨波羅的海和芬蘭灣，西邊是波斯尼亞灣及瑞典，西北部與北邊則與挪威接壤。南北最長距離達1,160公里，東西最寬為540公里。總面積共338,000平方公里，按此計算是歐洲第7大國家。

據統計，芬蘭有187,888個湖泊(當中有98,050個島嶼)，故有「千湖之國」美譽。1/3的國土位於北極圈內，西南部海岸是由數不清的島嶼組成的群島，可說是非常特殊的地理環境。

芬蘭人口總數目約519萬人，其中約83萬人居住在首都赫爾辛基及其鄰近地區，人口分布相當集中。

## 芬蘭天氣

受大西洋及墨西哥灣流影響，芬蘭氣候溫和。夏季和暖，陽光普照。冬季乾燥，溫度即使較低，給人實際感覺也不太冷。更重要是，芬蘭空氣一年四季都新鮮清爽，令人心曠神怡。

仲夏時份，芬蘭北部的拉普蘭24小時都是太陽高掛，午夜時份仍然見到白日當空，那就是著名的永晝--午夜太陽。夜晚與白天只能靠數小時的「曙暮光」來區分。



## 千湖風光

由於冰河經年累月侵蝕的作用，芬蘭境內擁有大大小小湖泊差不多19萬個，是當今世上水澤特別多的國家，因此大家也慣稱她為「千湖之國」。

芬蘭並不是個多山的國家，上天卻賜給她大量如晶瑩寶石般的小水域，讓這片大地，增添無限嫵媚。特別每逢夏季，湖畔樹影婆娑，襯著芬蘭人建造的一間間的渡假小屋，水上不時飄過泛舟者搖來的小船，那份舒懷閒適的逍遙，彷彿天堂遺留給凡塵的絲絲幸福。

人們在這時也喜愛在湖區遠足、垂釣，享受桑拿。好動的人當然不會錯過這機會暢泳一番；而好閑逸者，往往看著各處如畫的倒影，陶醉的入神。在溫暖的天氣下，芬蘭人絕大部分的歡樂時光，都是伴隨著湖水度過。

## 聖誕傳奇

與北極圈重疊的聖誕老人村，是世界萬千聖誕迷夢想探訪的勝地。



### ・聖誕老人村

芬蘭向來被相信是聖誕老人的真正故鄉，傳說他住在北極圈裡的山區，時常都會在聖誕老人村裡接見各地前來的遊客，和他們拍照並解答一切好奇的問題。

此外，大家可在此郵寄印有聖誕郵戳的賀卡，只要將賀卡投入指定的紅色信箱，就能準時在聖誕節前夕到達親朋好友手上。當然，那兒還有多種聖誕精品供人選購，其中用個人相片做成的特色聖誕郵票，非常受到遊客的歡迎！

來到聖誕老人村，不要忘記跨著地上66°33'的北極圈緯度線拍張紀念照。為證明這個「創舉」，遊客還可買份「到達北極圈證書」，它有各國文字(包括中文)，版本任君選擇。

### ・聖誕樂園

位於聖誕老人村附近，從山岩挖建而成的主題公園，可利用機動遊戲帶您暢遊聖誕樂園。搭乘魔術列車，入場者可直闖拉普蘭夢幻世界，除可欣賞到四時變化，又能夠深入聖誕老人的秘密工作室，目睹大批小精靈，如何忙碌地替世界各地兒童準備聖誕禮物。

此外，樂園裡還有多種機動遊戲，如紅鼻子過山車、聖誕旋轉木馬等給童心未泯的大人和小孩，玩個淋漓盡興。

## 北極光奇觀

被芬蘭人稱為Aurora borealis的北極光，千百年來，也吸引無數遊客仰望穹蒼，為之驚嘆。

### ・神秘北極光

古來北歐很多神話傳說都與北極光有關。有人相信是死去者的靈魂在舞動，也有人說是女武神盾牌發出的光輝。芬蘭人稱之為「狐狸之火」，說是天上的狐狸奔跑，尾巴激起雪花在月光下反射，便是如此迷人幻彩。

### ・欣賞熱點

儘管今日人們仍未能對北極光的成因有百分百的肯定答案，但那神秘而美麗的現象，卻老早被追捧成北極範圍內的珍貴大自然奇觀。觀賞北極光沒有特定時間，依照經驗，每年9月至3月，北極光的出現率最高。

地點方面，遠離城市燈光干擾是必要條件。據統計，拉普蘭最北部見到北極光機會有3/4，東拉普蘭近俄羅斯邊境有1/2，接近北極圈或以南的芬蘭中部，見到機會約1/4。

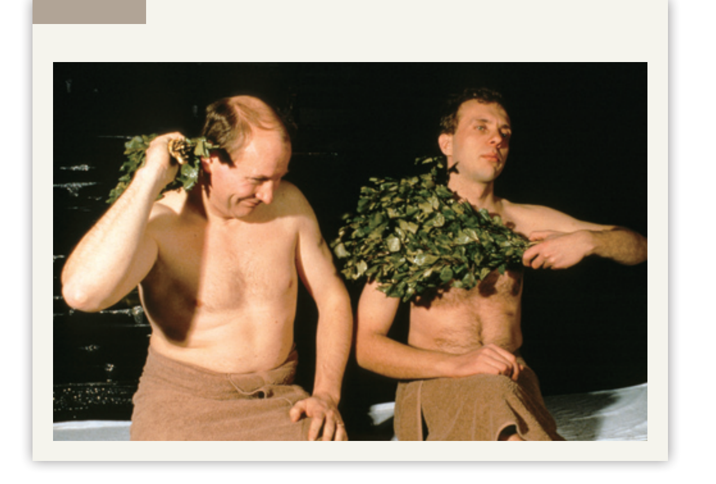
拉普蘭很多地方，也辦有旅遊活動帶人觀賞北極光。一些欣賞熱點如薩利色爾卡，更有玻璃屋頂酒店，讓人舒適地觀看此奇觀。就算是普通旅館，也會有北極光天氣預報，或夜間電話通知服務，讓遊客不會錯過欣賞的機會。

## 芬蘭桑拿

桑拿（三溫暖）習俗源自芬蘭，後來世界各地也引進此獨有的習俗，不過風情卻始終不如芬蘭的正宗。因此很多遊客前來旅遊，希望親身體驗傳統芬蘭浴的滋味。

### ・正宗桑拿浴

在芬蘭享受蒸氣浴，有一套沿用已久的習慣規格。首先，桑拿室以純木材建造，



當中包括蒸汽房、洗澡間和更衣室。蒸汽室有加熱的石頭，而室溫通常調至攝氏50度到80度之間。

進行芬蘭浴過程時，人們不時澆水於燒熱的石頭上，以產生蒸汽，不過濕度規定1立方公尺空氣含水氣50到60克。為了調節濕度，蒸汽房裝有隨時可開關的小窗。

芬蘭浴第一步驟先淋浴清潔身體，隨即裸身進入蒸汽房（所有公共桑拿是男女分開使用，攜帶毛巾只作墊坐之用）。享受熱氣蒸浴時，人們都慣以浸軟的白樺樹枝葉拍打身體，讓血液運行加快，皮膚毛孔盡量張開，讓汗水更順暢的流出體外。出汗一段時間之後，大家便要出來淋浴清潔並冷卻身體（在郊外的桑拿，人們很多是直接跳入湖水中洗身），待熱氣散去後再回蒸氣房拍打、出汗，接著又淋水冷卻。如此來回數遍，體內污垢排出，筋骨也充分鬆馳，最後再作徹底清潔，芬蘭浴才告完成。浴後謹記吃點較鹹的食物，以補充身體大量流失的鹽分。

## 南部城市

自古以來，芬蘭南部是北歐帝皇前往聖彼得堡的通道，因此這片沿海平坦土地滿布著城堡宮殿與花園大宅。時至今日，流金

歷史雖然不再，但匯聚芬蘭灣畔的仍是國內最璀璨的城市。五光十色的繁華，似要延續昔日輝煌。

## 赫爾辛基 (Helsinki)

這被譽為「波羅的海女兒」的名城，從1812年起即為芬蘭的首府。赫爾辛基三面環海，景色優美。大都會範圍除了首都市區外，還包括附近的艾斯博和萬塔 ( Vantaa) 機場區，總人口約100萬。

對於喜歡探索文化的旅客，赫城林林總總的音樂會、戲劇、博物館、藝廊與展覽，值得欣賞細味。此外市內建築，混合東西新舊種種特色。至於交通方面，赫城更是火車、巴士、渡輪和航空中心，由此地無論轉國內或國外其他地方，都快捷方便。

### ・芬蘭城堡

赫爾辛基名勝景點眾多，其中包括當今世上其中一座最大海防軍事要塞的芬蘭城堡。

這座屹立8個海島上的巨型城堡建於1747年，由昔日統治芬蘭的瑞典皇朝國會所倡議興建，目的是防禦俄羅斯勢力，並保護進出赫爾辛基海港的通道。整座宏大寨城總面積80公頃，其間包括8千公尺城牆、105支大炮、290座機房。

- **芬蘭城堡至今保持得非常完整，昔日輝煌依然磅礡，現今仍是芬蘭最吸引人的古蹟之一。1990年，聯合國教科文組織將她列為世界文化遺產。**
- **現在城堡已改成不同趣味的博物館：芬蘭城堡博物館、海岸大炮博物館、Vesikko潛艇博物館等。**


▲ 芬蘭城堡

### ・教堂建築

赫爾辛基有3所著名教堂，被譽為觀光必看。宏偉飄逸、純白綠頂大教堂建於十九世紀，新古典主義風格建築，是首都最矚目的地標。由天然岩石挖建而成的岩石教堂，建築風格極具特色。這建成於1969年的前衛宗教建築，是舉行婚禮和音樂會的熱門地方。

- **金碧輝煌的烏斯別斯基東正教堂， 深紅俄式外貌，裡面滿布華麗傳統宗教裝飾，是北歐最大的東正教教堂。**

### ・親子旅遊

適合親子同遊的名勝則有林納麥奇遊樂場，這歡樂園有不同的機動遊戲、舞台表演、餐廳和商店，讓大人小孩都盡情開心。

赫爾辛基動物園是全國唯一搜羅世界各地品種的動物園，展覽罕見動物包括雪豹、小熊貓及瀕臨絕種生物。


▲ 赫爾辛基大教堂

如對藝術或歷史有興趣，赫爾辛基有很多選擇。 奇亞斯瑪當代藝術博物館的現代建築內，陳列自1960年以後的前衛藝術傑作。

- **芬蘭設計及藝術博物館標榜芬蘭品味設計，由古典到現代，由工業到工藝，都於此詳細展覽。**
- **芬蘭國家博物館展覽包括一萬年前史前遺物、中世紀宗教藝術及芬蘭古人種研究。**

## 伴侶島

伴侶島是市中心西面的美麗小島，當地居民每逢假期就喜歡來此散心，或在別緻的餐廳中享受傳統的下午茶點。

這兒每年夏天都有許多活動，如民族歌舞和外國藝術表演。特別是慶祝仲夏節時，成千上萬人群會到此狂歡。

- **島上有伴侶島露天博物館**
- **從芬蘭各處移來的各式古老建築，在此供人參觀**
- **夏季時，工作人員穿著傳統服裝示範民間手藝**

## 其他著名景點

- 紀念芬蘭著名音樂大師的西貝流士公園
- 海港旁大型露天自由市場
- 海港碼頭旁的市集會堂
- 芬蘭體育博物館

## 活動推薦

芬蘭的夏季，天地煥然一新，黑夜縮短，全國完全被午夜太陽擁抱。悠長的日照，使人感到精力充沛。沒有誰願意辜負如此難得的明媚時光，於是忘情的投入大自然活動中，毫無保留地以不同方式去享受北歐獨有的不夜天。


▲ 林納麥奇遊樂場

冬天在這個國度並不是短短的過渡，而是5個多月，占了將近半年的時光。在那悠長歲月裡，整個疆土都白雪飄飄，形成不折不扣的純美世界。值得我們前去一遊。

參考資料：
http://www.visitfinland.com.hk/home/index.shtml

# 芬蘭的放射性廢棄物最終處置計畫

文．劉東山

芬蘭面積338,000平方公里（世界第63名），總人口5,246,879（世界第106名），國民生產毛額51,989美元(2008年)[註1]。以人口數看，芬蘭根本是個小國家，但其Nokia手機卻是國際上非常知名的品牌，市場占有率近四成(2007年)。芬蘭的核能發電規模跟台灣差不多，同時兼有壓水式及沸水式反應器，但其核能發電績效顯然更好，而其放射性廢棄物管理也有獨特的安排，處置計畫的推動幾乎領先全世界，而地方民眾的支持度更獨步全球。芬蘭的廢棄物管理與推動經驗，必然有值得我國參考之處，爰撰此文，以饗讀者。




## 芬蘭的核電發展現況 [註2]

芬蘭現有4座核能機組，總發電容量為2,696百萬瓦，2008年共發出超過220億度電，占全國總發電量的28%強。2008年的單位容量因數為91.4%(全世界平均為78.2%)，是世界上效率最高的核能發電機組。2002年芬蘭政府有鑑於經濟、能源安全與環保各項因素，決定興建第5座核能機組，於2005年開始興建，預計2011年完工加入商業運轉。

表1. 芬蘭的核能電廠 [註2]

| 廠別 | 機組型式 | 淨發電容量(百萬瓦) | 狀態 | 併聯時間 |
|---|---|---|---|---|
| 洛維薩(Loviisa)1號機 | 壓水式 | 488 | 運轉中 | 1977 |
| 洛維薩2號機 | 壓水式 | 488 | 運轉中 | 1980 |
| 歐基盧歐圖(Olkiluoto)1號機 | 沸水式 | 860 | 運轉中 | 1978 |
| 歐基盧歐圖2 號機 | 沸水式 | 860 | 運轉中 | 1980 |
| 歐基盧歐圖3 號機 | 進步型壓水式 | 1,600 | 建造中 | 2011 |

## 放射性廢棄物管理

一如其他使用核能發電的國家，芬蘭大部分的放射性廢棄物是來自核電廠，小部分則來自歐塔內密（Otaniemi）研究用反應器；一般的工業、研究設施與醫療院所也產生少量放射性廢棄物。芬蘭研究用產生的用過核燃料送回來源國處理，商業用的先在電廠內冷卻數十年，然後再在國內進行最終處置。

表2. 芬蘭的放射性廢棄物管理現況 [註3]　（2008年12月底）

| 廢棄物種類 | 設施 | 數量(活度) | 備註 |
|---|---|---|---|
| 用過核燃料(核電廠產生者) | 洛維薩核能電廠 | 454 噸重金屬 | 中期貯存 |
| | 歐基盧歐圖核能電廠 | 1,225噸重金屬 | 中期貯存 |
| 中低廢棄物(核電廠產生者) | 洛維薩處置場 | 3,150 (18兆貝克) | 1998啟用 |
| | 歐基盧歐圖處置場 | 6,240 (65兆貝克) | 1992啟用 |
| 中低廢棄物(小產源產生者) | 輻射暨核能安全局（STUK）中央貯存場 | 51 (23兆貝克) | 貯存(主要是氚) |

## 一、國家政策

芬蘭的核能廢棄物營運是依循「核能法案」的規定，詳如圖2所示。廢棄物產生者必須負責處理、貯存、運送及最終處置其廢棄物，並負擔所須費用。核能廢棄物設施建造，必須先由政府及國會判定符合社會利益的前提下，先做出同意該「決策原則」，並經場址所在地的市政府同意才可進行；建造完成後須取得使用執照才能運轉。所有的放射性廢棄物都必須在境內進行處置，同時禁止其他國家的放射性廢棄物進入芬蘭。



▲ 圖2.芬蘭的核能設施設置管制程序[註3]

## 二、中低放射性廢棄物管理

芬蘭的中低放射性廢棄物主要來自核電廠，兩個核電廠已分別在各自廠區內的岩床中進行最終處置；歐基盧歐圖和洛維薩地下處置設施，分別於1992 和1998年運轉至今。至於小產源產生的廢棄物，則送交輻射暨核能安全局經營的中央貯存設施集中貯存。

### 1. 歐基盧歐圖核電廠部分

該核電廠的濕式中低放射性廢棄物，經瀝青固化後裝入鋼桶；固體廢棄物則經過壓縮/包裝後，放進鋼桶與混凝土箱中後，再運送到處置設施。地下處置設施包含有2座貯存倉，位於石英閃長岩的岩床中，直徑24公尺、高34公尺、深60-100公尺。其中1座用來貯存瀝青固化體，另1座

則用來貯存低放射性廢棄物。處置中放射性廢棄物的岩石貯存倉內再加一個厚牆鋼筋混凝土倉，直徑縮減為20公尺；至於貯存低放射性廢棄物的，則僅在岩石貯存倉內側直接用噴漿混凝土覆被。所有的放射性廢棄物均以鋼桶盛裝，再放入混凝土護箱內，每只護箱可容納16個廢棄物桶，詳如圖3所示。

### 2. 洛維薩核電廠部分

洛維薩核電廠的濕式中低放射性廢棄物，是先水泥固化後裝在容器中，固體的廢棄物經過加壓/包裝之後放入鋼桶中，再運送到最終處置設施。地下處置設施，位於大約110公尺深的花崗岩岩床內，內有2個處置隧道，分別存放固體的低放射性廢棄物及水泥固化體，其餘狀況與歐基盧歐圖類似。

### 3. 歐塔內密研究用反應器部分

先在設施內處理裝桶，後送輻射暨核能安全局經營的中央貯存設施貯存。

### 4. 小產源部分

芬蘭醫、農、工、研各界使用的密封射源，報廢後原則上須交還供應商處理；無法交回者或其他放射性廢棄物，則送交輻射暨核能安全局經營的中央貯存設施貯存。該設施位於歐基盧歐圖地下處置設施內，將來會與歐基盧歐圖電廠進一步再協議處置作業。

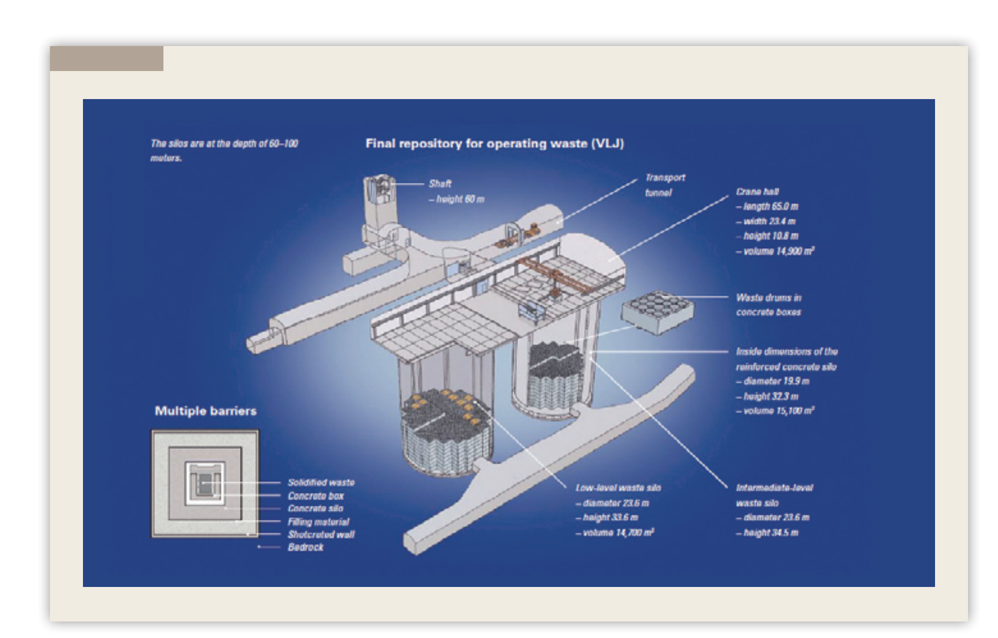
## 三、用過核燃料的處置推動

芬蘭產生的用過核燃料研究用的部分送回來源國處理，商業用的先在廠內冷卻數十年，後再在國內進行最終處置。

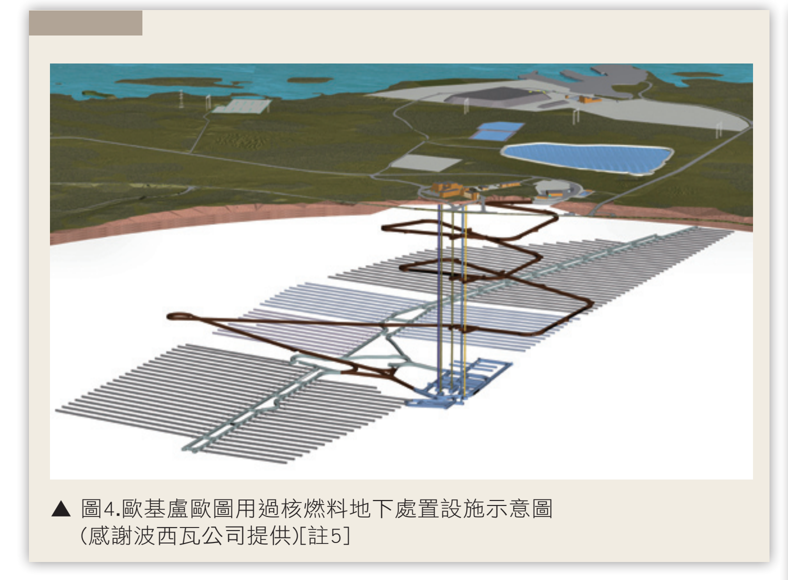
### 1. 推進策略及期程

為順利推動處置相關工作，核電廠擁有者TVO 及 FPT公司於1995年聯合成立子公司波西瓦（Posiva）專責此事，之前則由TVO公司兼辦。

2009年8月處置坑道已開挖至地下356公尺深，總長3,776公尺；處置設施示意圖及處置概念詳如圖4及圖5所示。波西瓦公司預定2012年提出歐基盧歐圖地下處置設施建造申請，希望於2020年開始運轉。




◀ 圖3.歐基盧歐圖中低放射性廢棄物地下處置設施[註4]



▲ 圖4.歐基盧歐圖用過核燃料地下處置設施示意圖（感謝波西瓦公司提供)[註5]




▲ 圖5. 處置概念說明(感謝波西瓦公司提供)[註6]

### 2.地方溝通及回饋措施[註7]

在波西瓦公司與地方市政當局之間，原本由政府輔導成立「合作小組」及「追蹤小組」，針對處置推動相關活動進行討論與追蹤。波西瓦公司及地方市政當局均會派代表參加小組的活動，小組每2個月開會一次。但自從正式場址選出後，追蹤小組已停止運作，目前則完全由合作小組負起既合作又監督處置計畫推動的角色。

歐基盧歐圖地區有一座歷史建築Vuojoki，其中原設置有一間「老人之家」，波西瓦公司不但出錢整修該歷史建築物，並決定貸款給地方市政府另外蓋一座新的老人之家(圖6)。 目前該建築物的部分空間由波西瓦公司租用40年，其餘空間仍交由地方市政府運用。依協議，波西瓦公司前20年每年須支付市政府租金，而市政府恰好用此租金償還向波西瓦公司的貸款。

據了解， 芬蘭政府並未提供其他財政或經濟誘因給地方政府，但依法地方政府得向核能設施每年以最高級距徵收財產稅（目前為2.5%，一般狀況則僅收0.4-1.0%），該稅收不必上繳且不限用途，很明顯地，是地方政府很重要且可觀的一項財源。

## 放射性廢棄物管理的財務規劃[註3]

芬蘭放射性廢棄物管理財務規劃的主要目標，在確保包括用過核燃料處置、運轉廢棄物以及除役廢棄物管理等費用能獲得充分的保障。 為此，政府在「就業暨經濟部」下設置了「國家核能廢棄物管理基金」，由該部負責收取、持有及進行資產投資等。依資金籌措制度規定，核能設施持照者每3年，應向就業暨經濟部提報廢棄物管理方案，列出所需成本計算及責任額估算。就業暨經濟部會要求輻射暨核能安


▲ 圖6. 歷史建物Vuojoki

全局及有名望的工程顧問公司，針對方案提出意見，再由其裁定後，送核能業者繳交或退回費用。

截至2008年底止， 估算出的總責任額度為20億歐元，已籌措的基金累計已達 17億。據估計，核能廢棄物管理所需費用，約占核能總發電成本的10%。

## 結語

不論是以人口或核能發電規模看， 芬蘭均屬小國，但芬蘭人有其務實的一面。由於目前尚有約15%的電力自國外進口，且考慮全球氣候變遷、經濟成長需求等因素，政府希望能提高核能發電的比例。據轉述，在已有核能電廠的地區，民眾似乎因具備核能或輻射相關知識，同時能感受到核能設施帶來的就業及經濟利益，普遍接受核能或廢棄物設施的設置。但是TVO及波西瓦人員均強調，目前地方溝通的成果，絕對是幾十年長期耕耘所換來，一點都無僥倖。

芬蘭的放射性廢棄物管理策略很務實，遊戲規則很明確，主要政黨的核能共識度高，因此很少有政策搖擺不定的情況出現。芬蘭人的務實、果斷與堅持，有值得我們再進一步深入研究或學習的地方。

**（本文作者為原子能委員會派駐法國代表處副組長兼駐OECD/NEA顧問）**

參考資料：

[註1] http://en.wikipedia.org/wiki/Finland

[註2] International Nuclear Energy Agency, “Power Reactor Information System (PRIS)”, IAEA, Vienna.

[註3] http://www.nea.fr/html/rwm/profiles/Finland.pdf

[註4] TVO, Olkiluoto-- the center of Finnish nuclear power expertise, Helsinki, Finland.

[註5] http://www.posiva.fi/n/nuclear_waste_management

[註6] http://www.posiva.fi/en/final_disposal

[註7] Nuclear Energy Agency. Partnering of long Term Management of Radioactive Waste –overview of Evolution and Current Practice in Twelve Countries. NEA/RWMC/FSC, Paris, 2009.





# 漫談設置國際高放廢棄物處置場

文‧止戈

**近年來新興國家經濟發展迅速，對能源需求殷切，又全球暖化的影響，促使「核能開發」受到重視；然而，其中高放射性廢棄物處置至今仍然棘手。本文針對國際合作設置區域共用處置場的方案，提出看法，希望拋磚引玉，獲取各方高見藉以檢視現行的作業以建立共識，期能發揮推動高放處置計畫的綜效。**

## 高放處置設施的特徵

高放射性廢棄物處置設施的基本要求為能將高放射性廢棄物與人類生活環境長期、有效隔離，通常採取「深地層處置概念」、「多重障壁設計」及「行政管制措施」，以有效防止放射性核種於數十萬甚至數百萬年間釋出於人類環境。深地層處置概念--將高放廢棄物埋貯於地下約500公尺地層的處置方式，針對地質的選擇通常採取「避除」與「喜好」方式進行抉擇；多重障壁設計--指人工與天然障壁的多重組合設計，目的為延滯放射性核種濾出、洩漏與遷移，通常是廢棄物體、密封金屬容器、人工結構物與填充材料及天然地層等所組成的屏障。行政管制措施--主要為確保高放處置設施不會受到人為的干擾破壞，於處置設施四周向外延伸設置的管制區域，以防範發生破壞處置場功能的活動，確保處置設施的完整性。

## 國際合作設置高放處置場

環保活動近年來興起「鄰避(NIMBY)效應」，深受重視，也成為一般民眾的主張，因此欲設置處置場並不容易。然而人類往來遷徙與旅遊頻繁，地球村概念已興起，各國應合作進行資源整合，使人力與財物有效應用，發揮最大效益。

比較各國個別設置處置場與國際間合作設置區域處置場（以下簡稱區域處置場）進行集中管理，區域處置場具備較多選擇彈性與優勢。區域處置場有以下優點：場址的選擇跨越國界更具彈性、技術標準為多國協議結果更安全、高放廢棄物匯合集中管理符合防止核武擴散原則、設施開發更具經濟規模，也可增加處置場設置國的經濟收益等。雖然設置區域處置場有上述優點，同時也面臨以下挑戰：處置設施土地長期占用，各國可能推辭不願設置，處置場設置地區可能造成聲譽不佳的


▼核電廠冷卻塔與核電廠渦輪引擎
▼佛蒙洋基核電廠

傷害。此外，接收處置國外高放廢棄物而增加貯存與運送災害的風險，與國際交流談判引發多國文化與多元價值的衝突，萬一發生事故時僅處置場設置區域受害較深等的不利因子。因此必須有良好誘因及相關配套措施，以鼓勵地質天然條件較佳的國家爭取設置。

## 我思與我想

設置高放處置場的基本要件為安全，不能有汙染，所增加的風險須於可接受的範圍。為能順利籌建處置場，應就地質等天然條件先予考量，並考慮人文與社會經濟的接受性。此外，對於處置場的選定與營運應具備正當、公義、有效、可信與永續性。以下提出有助於選出國際區域處置場的看法。

### 一、5-7個區域處置場的規劃

以約100部核能機組規模共同設置1個高放區域處置場為宜，考量因子為開發規模、經濟效益與運送作業。國際間如存在數個處置場則有競爭與比較，營運經驗能交流學習，也可排除單一處置場的獨占風險；如處置場發生事故或失效情形，其他處置場可立即替代繼續處置作業。此外，同區域內的國家距離近，熟悉彼此的文化與價值觀，比較容易溝通，可組成區域聯盟。

### 二、以地易地排除困難

由於處置場的土地會被長期占用，也是多數民眾反對的主要理由，如果參與設置區域處置場的簽約國願意提出等值或同等容/面積土地給予處置場設置國長期使用，類似的交換，可能有機會排除此項反對因子。

### 三、安全保障與多重監督機制

清楚說明場址選擇是經由避除與喜好的邏輯程序選出，並將採取最佳工程技術保障處置安全。營運期間也將設置多重監督機制以確認運作安全，而監督機制具有處置場所在地的國家、處置場運作的跨國聯盟及國際組織。另外也授與處置場所在地區（涵蓋處置場所在地及其鄰接地區）具有參與監督與執行獨立平行監測的權力。藉由多重監督與地方參與，確認處置設施運作安全。

### 四、尊重地方，提供就業保障

確立地方同意才能設置處置場的先決條件，所有重要決策與營運資訊皆須公開，並充分尊重地方意見；對於不能接受的部分，應具體說明理由接受公評。另外也需設置保障地方人士就業的機制，例如設定處置場需晉用地方人士的最低比率等實質的保障制度，以展現誠意。

### 五、籌措基金造福鄉里

制度化能增進處置場所在地區的福利措施，依處置場開發規模與處置數量籌措基金的方式與使用制度，包括補助地方建設、提供民眾健康檢查、協助地方產業發展或提供學習教育補助獎學金等；也應依不同程度與類別建立傷害賠償、風險補助與假定損害的補償，或協助福祉發展所採取的回饋與獎勵措施。措施應制度化並定期檢討，且須配合時勢調整以切合需求。

### 六、多國聯盟營運，確保永續經營

通常高放處置設施的營運都屬於國家責任，延續國家責任的精神意旨。區域處置場的營運，應由各參與國的國家層級機構所組成的合資公司負責，為多國聯盟機構組織，而非私人企業。經由聯盟的各個參與國的國家保證，以確保處置設施永續經營。

### 七、特殊優惠及振興產業

籌組多國聯盟機構時，應對處置場設置國提供特定的財物或賦予權力的優惠條件，例如免出資、董事席位的保障。為因應處置場的建設與營運可能需要大量的電力、運輸與維修勞務作業等，聯盟機構應協助處理或設置推動相關產業發展，如興建核電廠因應電力需求、興建再處理廠以處理用過核燃料、籌設運輸公司執行高放


▼ 華特福核電廠

廢棄物的運送，或成立維修機械廠、勞務公司、環境檢測與品質查證公司等，可帶動相關產業發展。如此大規模的資金、技術與人才的挹注，鉅額的經濟誘因，且有整體藍圖與遠景規劃，自然會吸引條件合適的國家爭取設置區域處置場。

### 八、國際原子能總署協助

國際原子總署(IAEA)以尊重生命、地球環保與永續發展等跨國視野制定通用規則與標準提供各界遵守，應協助規劃、參與監督、提評估書以促成運作及保障安全，進行專業性溝通、協商與排除紛爭。

## 結論

設置區域處置場立意良好，但截至目前仍屬空中樓閣，仍待倡議。為解決高放廢棄物的處置，各核能發電國莫不進行相關研究。我國也在積極推動用過核子燃料的長程處置方案，進行場址調查、安全評估、工程技術發展與相關管理等研究，期望在國內能覓得適當場址、完成設計，以證實國內具備條件與能力。本文所提以地易地及設置多國聯盟等，著實存在許多權利與義務的爭議，仍待有識之士解決，我們也應及早準備以為因應。希望我們享用核能好處時，也能儘速妥善處置所產生的廢棄物。高放處置場實現了，我們推展核能的理由才更充分。

參考資料：

1. W.E.Falck and K.F. Nilsson（2009）；Geological Disposal of Radioactive Waste： Moving Towards Implementation. JRC Reference Reports, Report EUR 23925 EN. Luxembourg.
2. Canada NWMO(May 2009)；Moving Forward Together: Designing the Process for Selecting a Site. Invitation to Review a Proposed Process for Selecting a Site.
3. IAEA Nuclear Energy Series No.NW-T-1.19(2009); Geological Disposal of Radioactive Waste: Technological Implications for Retrievability. Vienna.
4. 林健枝（2009）；香港規劃鄰避設施的困惑與出路－開發設置制度與環境影響評估制度研討會論文集（2009.10.09）中華經濟研究院，臺北.
5. 黃錦堂（2009）；「我國低放射性廢棄物處置場址設立衝突之法律分析（評論稿）」－開發設置制度與環境影響評估制度研討會論文集（2009.10.09）中華經濟研究院，臺北.
6. 台灣電力公司(2009.9)；「我國用過核子燃料最終處置-初步技術可行性評估報告」，臺北.





# 在氡三溫暖體驗輻射激效

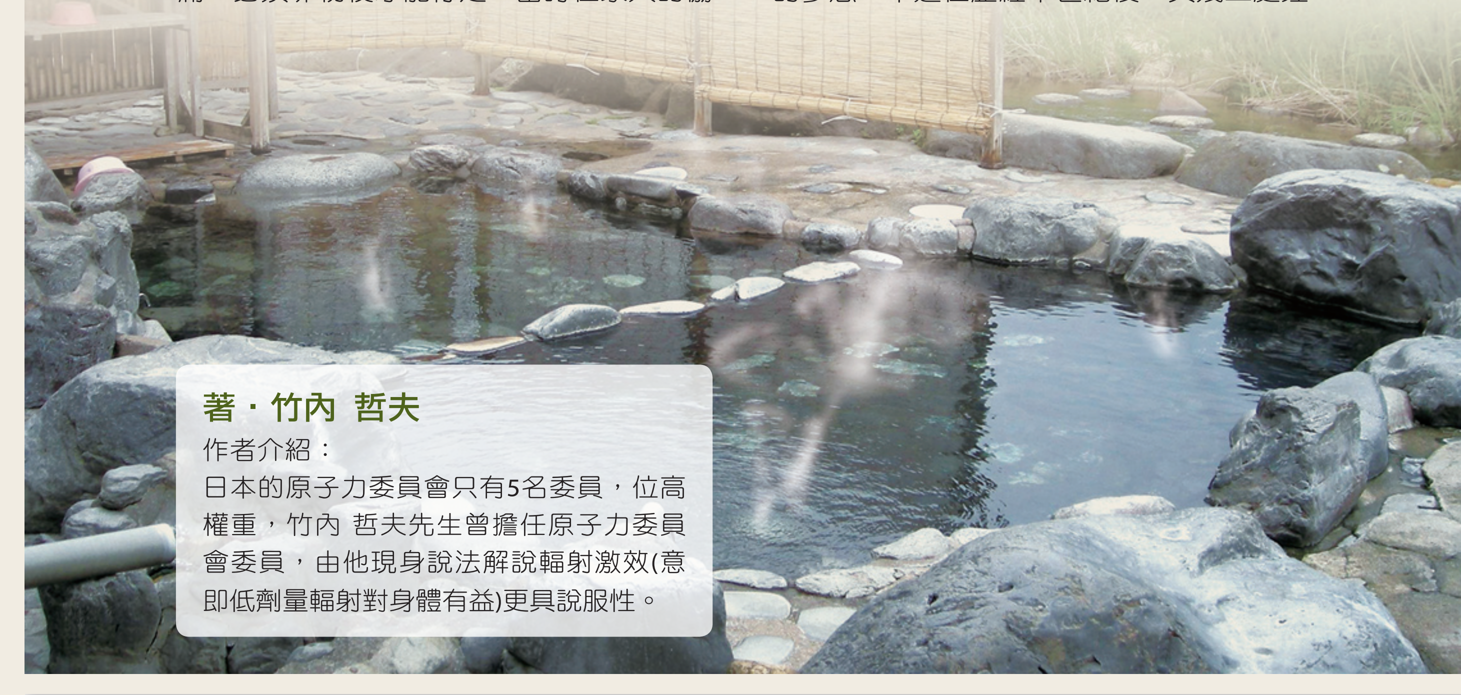
譯．劉振乾

本文是有關輻射激效(HORMESIS)的實踐記，動機與體驗乃因本人具備下述三條件：1.任職於原子力委員時，本人成為輻射激效的信奉者；2.由於職務上的關係，熟知舊動燃(現日本原子力研究開發機構，以下簡稱JAEA)在人形峠(地名)的殘土處理問題，以及健康商品開發的動向；3.我在剛退休的時候罹患糖尿病，看看能否用於治病。因為一般人還是對輻射敬鬼神而遠之，這算是種奇異的體驗，為了提供給世人參考，在不誇張與不宣傳的情形下提供本刊發表。

糖尿病患每個人的症狀差異很大，以我的情形來說，是急性的陽性症狀，全身疼痛，必須靠枴杖才能行走，當時在家人的協助下遍訪針灸、按摩、三溫暖等地。在治療過程中，感覺較有效果的溫熱療法、遠紅外線床墊，以及含阿伐射線（α）的氡浴。

我在任職原子力委員時，曾受到一位輻射醫療大師的教導，而變成徹底的輻射激效信奉者，向周遭的人強調：「低劑量輻射對身體有益，如今已不是用白老鼠實驗，而是應用於人體的時代」。因此自願成為人體實驗的候補第一名。心想，此一嘗試如果失敗也沒吃虧，反正死馬當活馬醫，如果成功就是撿到的便宜。

在我的學生時代，人形峠發現國產鈾礦可是天大的新聞，也激起人們對原子時代的夢想。不過在歷經半世紀後，其殘土處理



著．竹內 哲夫
作者介紹：
日本的原子力委員會只有5名委員，位高權重，竹內 哲夫先生曾擔任原子力委員會委員，由他現身說法解說輻射激效(意即低劑量輻射對身體有益)更具說服性。

卻成為當地頭痛的問題。也得知JAEA的地方企業－人形峠原子力產業公司為了要改善與地方的關係，致力於健康商品的開發。在人形峠附近的「三朝溫泉」是赫赫有名的氡溫泉，有多處的溫泉還掛上「輻射激效」的看板。我的想法是在自家的三溫暖上，再加裝可發出氡濃度的阿伐射線裝置（註）。就拜託JAEA調查當地的情形，也請研究人體輻射激效的專家(如參考文獻)直接指導進行計畫。

我家的三溫暖室改建計畫，與人形峠公司的素陶磚(可產生氡，圖1)的試作開始時幾乎是同時的。自家三溫暖完全是私人治療用，花了約1年時間，於2006 年 2月第1間三溫暖室完工。經過1個星期的實際測定，證實與三朝溫泉的浴室同等氡濃度而進入實用階段。



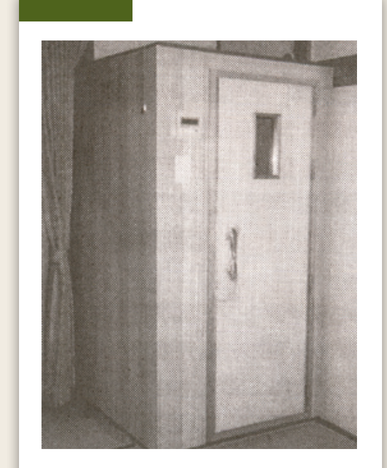
▲ 素陶磚（Doll-stone）10×10公分，厚1公分

我本人及家族每天都進入此三溫暖沐浴約30分鐘，到現在已有兩年多。在初期的兩三個月後就發生效果，要靠枴杖才能行走的重病人病癒了，可自己步行且談笑風生，成為鄰居與友人津津樂道的話題，自此建立口碑。得到自信後，我把自家三溫暖定名為「療癒的阿伐空間」，作為鄰居、友人談論健康的集會場所。 這些反覆來訪者多有急性疾患的後遺症，身體有麻木感、怕冷、如運動選手般的疲勞感等，大家對實浴的治癒效果很滿意，也有人說忘記花粉症的困擾。不過大部分的人對輻射激效不怎麼關心，只是聽聽而已。如今日本市面上氡溫泉、岩盤浴如雨後春筍般氾濫，不過由於本件的獨特性，而有不少有志於此的企業家前來訪問。

在第1間療癒的阿伐空間完成後，我迫不及待的帶著重病、完全無法自由活動的八十多歲老母親坐著輪椅來沐浴兩次，每次都有讓人驚訝不已的「返老還童」現象，於是馬上在母親家也設置了一座。一年多後，每日氡浴的母親身體復原的情形讓身邊照顧的護士驚嘆：「真有如此不可思議的東西問世！」。

簡單的說，三溫暖就是保持溫度40℃、濕度60%以上的乾式空氣浴。將人形峠產的素陶磚依三溫暖房間的體積大小，在其四周牆上嵌入數十到200枚，使其產生氡。壁土與保溫器則使用矽藻土與面狀發熱體。由此產生的遠紅外線也對輻射激效添上助力，另外使用最近受到重視的抗菌脫臭材料。由於整個三溫暖室為乾式，不僅完全不必清掃，且可保持絕佳的清潔。至於最新的、強調節能且節約空間的迷你廂型，僅與衣櫃同樣大小，可置於和室房間內，即可達成理想的三溫暖環境。

即使是迷你廂型也需要木匠、泥水工等多位專業的工匠，而從密封、抗結露以及氡的簡易測定等眾多作業，為了提升試作的機能，我家成員與木匠小原啟司先生3年來樂此不疲的日日研討下功夫。結果我家共完成3座三溫暖，分別是：1坪大如談話室的三溫暖、半坪大臥型(將原來儲藏空間改造而成) 、1/2坪大可移動式迷你廂型(坐型)。幾乎變成氡三溫暖的鐮倉展示室。除此之外，因為親朋好友代請製作的數座也啟用中（如照片）。


▲ 竹內哲夫友人處的迷你廂型(坐型) 2008年4月安裝，95×112×185公分

我家3座與親朋好友的數座三溫暖室，總共已有超過數千人次的體驗實績，完全沒有不舒服的報告。從體驗者的談話與臉上的表情，多是愉悅、流下健康的汗等等，溫熱、氡、遠紅外線等3樣東西合作刺激全身的免疫活性，可以說是給予「元氣之源」的美容健康院，相信對慢性病患、老年人養護都可以發揮功用。我的病從絕望中力爭上游而得以恢復，對糖尿病確實有效，不過我不願意做靠此就可治癒的誇大宣傳。因為有個人差異，門外漢的我，對真正的生理效果也不能多做解釋，還是希望這方面的專家能早日加以證實。地球46億年以來，萬物都在充滿放射能的空間中生存、適應、進化而來。衷心期待的是這些不為人知的放射能的福音，包含低劑量的輻射激效在內，都能被世人接受。

當我發病之初，由於人生的轉變－退休，加上精神上的壓力一舉爆發，受困於無力感、厭世感，不過隨著「氡遊戲」的日益見效，也改變了日常生活(節食)，同時對老後餘生的看法也隨之調整。最近與核能退休同仁聚在一起參與每周1次的大學生、市民講座而全國趴趴走，每年與約1,000名的老壯青年男女見面，熱烈交換意見，也算是另類讓人元氣百倍的輻射激效。超過75歲的後期高齡者如果自認老得走不動，也任憑他人安排養護的話，人生已是終點。我認為到死前一刻仍能拼命找出生存意義而快樂的行動才是正道，這也是最後的「任務」。

編註：竹內哲夫先生曾於2008年12月20日率領11位日本核能專家來台，與核能資訊中心合辦「台日核能交流座談會」。與會者達130人，因在清華大學舉行，參加的學生約有50餘人。竹內先生退休後仍致力於核能宣導工作，不遺餘力。

註：
三朝溫泉的氡濃度：溫泉湯槽的空氣濃度在深夜與清早時間為每立方公尺約2,500貝克，白天人們出入較多的時候降為200-300貝克。

原文譯自：
能源評論（日本），2008年10月，p.44~45。

參考文獻：
山岡聖典 (日本岡山大學教授) 輻射的不可思議的生體作用 健康新聞社 新風書房



# 日本首度裝填MOX燃料 奠定未來核燃料循環基礎

文．編輯室

日本10月15日在玄海核電廠首次裝填混合氧化物燃料(MOX)，將進口的珍貴鈾料做最佳化利用， 寫下日本核能史上重要的一頁。

九州電力公司擁有玄海及川內2座核能發電廠，本次裝填MOX燃料的玄海核能發電廠，其4部機都是壓水式反應器，裝置容量總計347.8萬瓩，全日本排行第6大，同時是九州最大的核能發廠。

日本在1998年之前，自身用過核子燃料都送往國外，做再處理和作成MOX燃料。然而自1999年開始，日本開始將用過核子燃料暫存國內，寄望本國的再處理和MOX工廠能全面運轉。日本興建中的再處理工廠原訂2009年8月完工，但後來修正完工日期到10月；而計畫的MOX工廠則預定在2015年完工。

目前MOX燃料其中的5%，是由用過核子燃料回收出的鈽製作而成。利用此方法再循環產出的燃料，會使能源產出多12%，若有再循環和再利用的未分裂鈾，將可把產出再提升到22%。此種加工過程將會分離出最高放射性的分裂產物，也就是說，危險性最高的廢棄物將可減6成。

此種再循環方式將會是日本未來核能循環的基礎，因此身為資源貧乏且仰賴進口能源的日本，可以將進口的珍貴鈾料做最佳利用。

來源：WNN News 2009/10/01、台電公服處陳智宏

## 鈾燃料與MOX燃料的差別

鈾燃料：
- 約4% 容易產生核反應的鈾
- 約96% 不易產生核反應的鈾

MOX燃料：
- 約6% 容易產生核反應的鈽
- 約3% 不易產生核反應的鈽
- 約91% 不易產生核反應的鈾



# 史上頭一遭 綠色和平組織不再強力反核

GREENPEACE greenpeace.org

文．編輯室

英國綠色和平組織發表最新宣言，開宗明義表示，「改變政治，拯救氣候」。

綠色組織在時代雜誌上刊登全版廣告，並且在英國國會屋頂進行抗議活動。他們向各黨派領導人呼籲，「請盜用我們的政策吧。」但一向為反核死硬派的綠色和平組織，首度沒有明顯反核用語。宣言內提倡使用全面減碳的新燃煤發電廠，且希望再生能源發電占英國15%的比例。

組織宣言中列出12個目標，大部分均以低碳能源為主。他們希望英國在2030年前，可以全數以低碳能源發電。英國應投資低碳科技供應鏈和研發，並應成立支援低碳研發計畫的銀行，徵收污染稅，以減低碳排放。

英國綠色和平組織會長約翰索文在一封對英國政界的公開信中表示，「若我們不改變政治現況，並在英國和全球做出實質行動，那我們會失去拯救氣候的機會。」和平組織此份宣言引述國際能源署氣候變遷委員會於10月12日發表的報告，報告中建議一擴增核能作為降低碳排放的強力手段。

依照往例，跟核能相比，綠色組織未來還是會比較站在再生能源那一邊，並且拿放大鏡檢視核能，但該組織對於核能的立場有日漸鬆動的趨勢。前任英國會長史蒂芬亭達爾對「世界核能新聞」表示，他認為綠色和平組織能暢所欲言是件好事，而他個人同意該組織的立場。亭達爾在2009年稍早曾公開轉變對核能的態度，他支持核能作為再生能源到能夠擔當發電大任時的過渡時期工具。




▲ 綠色和平組織人士待在英國國會屋頂，手持旗幟，宣傳該組織最新氣候暖化活動。

綠色和平組織呼籲英國政府，應在2020年前達到再生能源發電比例到15%的目標，也就是英國身為歐盟一份子負責的比例。但目前再生能源只占2%，且就算英國可以達到15%的再生能源發電目標，其他85%的目標還得從低碳能源找。

來源：WNN News 2009/10/13
http://www.world-nuclear-news.org/NP_Greenpeace_change_the_politics_1310091.html



# 美國能源部長：我寧願住在核電廠附近

文‧編輯室

美國能源部長朱棣文在接受國家公共廣播訪問時表示，他寧願住在核電廠附近，也不要住在火力電廠旁邊。朱棣文此番談話顛覆鄰避效應。他並稱許核工業，安全記錄相當良好。美國正面臨能源政策的十字路口，未來數十年，在兼顧環保的考量下，美國人將見證發電和供電的戲劇性變化。

## 電力為經濟骨幹 報告指出：核能應擴增使用

最近分析報告顯示，電力是美國經濟骨幹，美國必須擴增使用核能，以應付市場需求並且大降與暖化密切相關的溫室氣體排放。舉例來說，美國環保署在6月出刊的氣候暖化法案(註)分析報告中，發現低-零碳能源發電比例，會在2020年前從現今標準的14%，上升到26%、進而在2050年上升到38%。環保署表示，為了達到法案2050年的減碳標準(火力發電廠實施碳排放管制)，美國將需要最多達187座的新核能設施。

無獨有偶，美國國家科學院在7月的報告中指出，經由包括使用核能等方式，發電業的碳排放可以達可觀減量。該報告視「新世代核能科技」和「碳捕獲與貯存技術」的燃煤發電，為兩項關鍵技術，必須在2020年左右開始廣泛使用。

目前為止，全球還沒找到任一種單一技術，可以減緩或扭轉碳排放上升的局面。但相關報告都指向，核能可以當成其中之一的配套措施。美國藉由設置清潔能源部署局(Clean Energy Deployment Administration)，將可以有效實施氣候暖化法案和參議員再生能源法。清潔能源布屬局將會是永久的資金平台，可以提供清潔能源科技產業的貸款、貸款保證和其他信用支援。清潔能源科技包括再生能源和新核能科技設施。

## 建核電廠 可活絡工業

美國一些總部設在東北部的工業，將因新建核電廠受惠甚深。新核電廠將會創造如混凝土、鋼鐵和各式大小組件的市場需求。一座核電廠需要近31萬立方公尺的混凝土、6.6萬噸鋼鐵、71公里長的管線、483公里的接線和13萬種電子零件。

一般電力消費者也可以因新建核電廠受惠。由於美國政府的貸款保證將可以使建廠資金取得成本更低，因此核電廠將可提供更便宜的電力。想像未來雙贏的局面：核電廠帶來高薪、長期工作機會，而消費者又可以享受穩定低碳電力。研究顯示，平均每座核電廠，可為地方帶來每年4.3億美金的產值、薪資收入4,000萬美金；每年為帶來2,000萬美金地方稅收、750萬美金的聯邦稅收。

▲ 美國能源部長朱棣文 Steve Chu

美國全國104部反應器機組提供全國1/5的電力。未來美國在應付電力需求，並對抗氣候暖化的同時，核能的能見度將會逐步提升，獲世人垂青。

註：氣候暖化法案/瓦克斯曼-馬凱(Waxman-Markey)法案

美國由於是全球溫室氣體排放量最大的國家，其在應對氣候變化問題上的立場和舉措，對國際社會的努力具有重要影響，故當2009年6月26日，其眾議院通過了《清潔能源與安全法案》，規定美國到2020年將使溫室氣體排放量在2005年的基礎上減少17%，到2050年減少83%，引起全球矚目。這個法案由亨利•瓦克斯曼（Henry Waxman）和愛德華•馬凱（Edward Markey）提出，所以也稱《瓦克斯曼-馬凱法案》(Waxman-Markey Bill)。

然而，此一法案對美國而言雖是一個進步，但其與全世界期望的目標仍有差距，因為美國所通過的目標，僅是和1990年的排放總量持平。

作者為馬文費妥，美國核能協會執行長。

來源：1. Boston Globe 2009/09/21, http://www.boston.com/bostonglobe/editorial_opinion/oped/articles/2009/09/21/nuclear_must_be_part_of_energy_equation/

2. http://www1.industry.net.tw/busnews.php?key=view&busnews_id=12520272914424

## 美核能民調支持度仍高 整體過6成

最新美國民調結果顯示，美國民眾核能支持度仍相當高。超過8成的受訪民眾表示，應該使用各種低碳能源科技以抗暖化。此份民調為核能協會委託蓓絲康媞民調機構於10月初執行，以電話訪問1000名民眾。結果顯示，84%的受訪者同意，美國應該「使用各種低碳能源，包括核能、水力、再生能源，以在控制溫室氣體的同時發電。」

75%的受訪者同意應擴增核電作為抗暖化利器，20%不同意、4%無意見。整體來說，61%的受訪者偏愛美國使用核能，36%反對。核能協會做出結論指出，這是連續第9年來，民調核能偏好度超過6成。

來源：WNN News 2009/10/23

# 德國大選結果為核能帶來曙光

文・編輯室



在所屬的基督教民主黨/基督教社會聯盟拿下33.8%得票率後，梅克爾宣布將與得票率14.6%的自由民主黨組成親核聯合政府，核能未來可期。中間偏右的新政府想要重新考慮該國於1998年，由偏左政府作出的廢核決策。 德國原本預計在2022年關閉17部反應器的政策，現在可望獲得修正。

德國3成電力由核能供應，舊廢核政策預計在2010年關閉3部反應器，其餘14部則在2022年前跟進、走入歷史。原本德國政府劃下的美麗大餅，是以再生能源替代核能，但實際上卻以燃煤發電代替核能發電，使得環保理想大打折扣。

雖然廢核政策仍有修正空間，但是就德國的現況來說，要新建核電廠，還是天方夜譚。目前德國會採行的核電政策，大概是用反應器延壽，以及用再生能源和能源效率提高到足以穩定電力供應的說法來做。然而以他國的案例，類似的反應器延壽到60年，除受法規嚴格管制外，還需大筆資金。

新政府上台的核能利多，使得德國主要的核電公司股價應聲起漲。EOn集團漲幅達3.2%、RWE公司2.8%，但市場預期再生能源饋電法(feed-in-tariff)(註)將修正，因此太陽能類股應聲下挫，跌幅約在1.9%-4.3%間。

德國即將轉變反核立場，將會帶給G8工業國能源和氣候政策新氣象，各國會產生新的協商方法。G8會員國：加拿大、法國、德國、義大利、日本、俄羅斯和英國，現均將核能視為能源供應主幹及重要的抗暖化角色。

▲ 一旦新政府修正政策，德國將讓出多年的反核領導國大位，目前還在反核戰場苟延殘喘的國家有西班牙、澳洲和比利時。

德國先前的反核戰友這幾年來紛紛求去。義大利逐漸向核能靠攏，前陣子確定核能復興。英國則已做政策的大轉彎。瑞典和荷蘭則針對核能的限制，做出了政策修正。

而在G20各國中，尚有6國未使用核能。其中除了澳洲仍死命抗拒之外，其餘5國正計畫引進核電。然而矛盾的是，澳洲每年出口的鈾，供應全球2成市場，鈾就是反應器燃料原料。

註：德國有特殊的再生能源饋電法制度，促使德國的再生能源發展蓬勃迅速。饋電法有三個主要特性：(1) 規定電力業者有購買再生電力的義務，並且規定公用事業須購買再生能源生產的電力，以保證供電商有市場。例如：電力公司需以兩倍市場價，向太陽能發電商購電。 (2) 保證最低收購價格，保證價格維持20年，因此投資風險相對降低；(3) 建立全國成本清算系統，消除區域性的不平等現象。採用類似再生能源饋電法的國家有：澳洲、奧地利、丹麥、瑞典、瑞士等多國。

來源：1. WNN News 2009/09/28 , http://www.world-nuclear-news.org/NP_Election_brings_hope_for_German_nuclear_2809091.html

2. Chi-Feng Chen et al., “Preliminary Feasibility Assessment of Green Electricity in Taiwan,” (2008) E-Journal, 2 (1)



# 98年第3季核能電廠環境輻射監測報導

文・編輯室

為確保核能電廠周圍民眾健康與安全，原能會所屬輻射偵測中心執行環境輻射監測計畫，定期採取核能電廠周圍環境的空氣、水樣、土壤、岸沙、生物與農畜產物等試樣（圖1）進行各項放射性核種分析（圖2）。

為使社會大眾能清楚了解該中心在本季執行核一廠、核二廠、核三廠的環境監測情形，以簡易圖形來表示各類試樣測值與歷年監測結果進行比對，各項監測結果分述如下：





▲ 圖1 採取核能電廠周圍環境試樣的作業情形

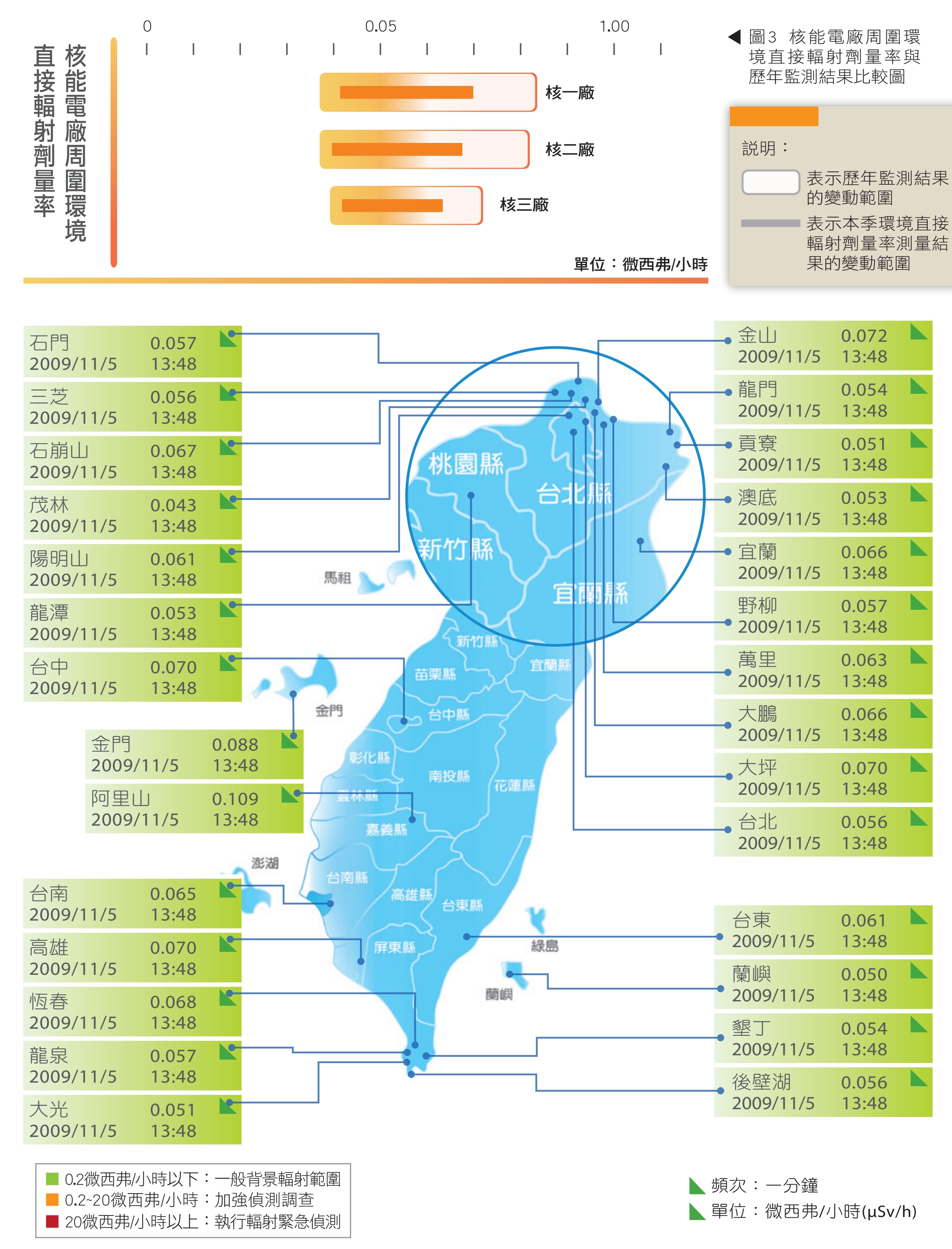




▲ 圖2 進行環境試樣放射性核種分析的作業情形

## ■直接輻射

在各核能電廠周圍環境布放熱發光劑量計（TLD）來度量環境中直接輻射劑量率，本季核一、二、三廠的輻射劑量率介於0.040至0.070微西弗／小時，均在環境背景變動範圍內，與歷年監測結果的比較結果如圖3。另外，在全國設置28座輻射自動監測站，全天候24小時自動化監測環境輻射量，地點分布與監測結果如圖4



◀ 圖3 核能電廠周圍環境直接輻射劑量率與歷年監測結果比較圖

▲ 圖5. 環境輻射監測站設置地點與監測資訊公布(http://www.trmc.aec.gov.tw)

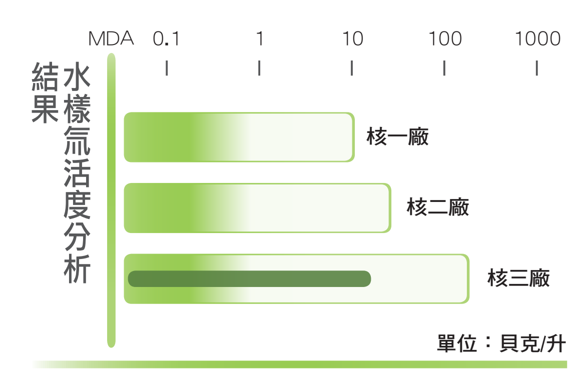
## ■環境試樣放射性分析

### （一）空浮微粒

在核能電廠上、下風向設置定流量連續抽氣機，採取空氣試樣進行放射性核種分析，總貝他活度均低於放射性落塵警戒值（$9\times10^{3}$毫貝克／立方公尺）。

### （二）水樣

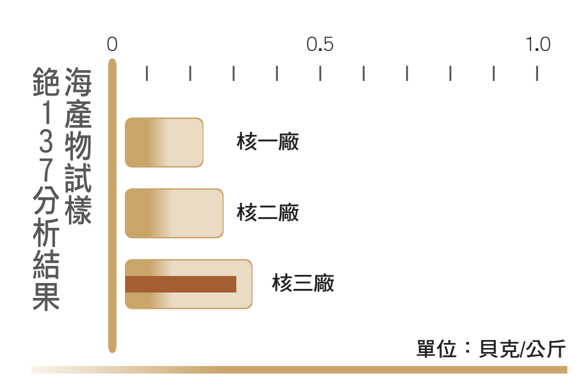
我國核能電廠均利用海水作為冷卻水，因此定期採取海水及淡水（飲用水、河川水、地下水、池水）試樣進行放射性核種分析。氚活度小於最低可測活度至16.8貝克／升，在環境背景變動範圍內，與歷年監測結果的比較結果如圖5。



▲ 圖5 核能電廠周圍環境水樣氚活度與歷年監測結果比較圖

### （三）農畜產物、海產物

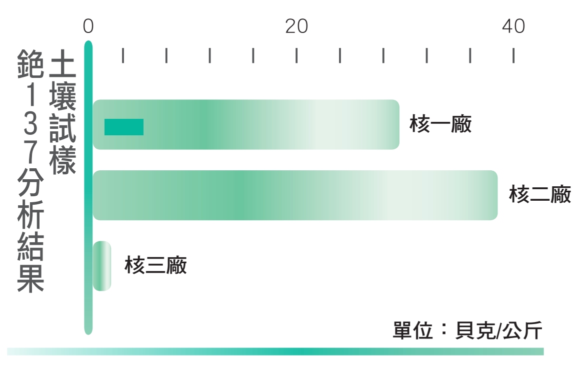
為了解在核能電廠所在地民眾攝食的輻射安全，採取農畜產物、麻竹筍、葉菜類及羊奶等與季節性試樣；另外也在核能電廠出水口與鄰近海域生採取海魚及海底沉積物試樣進行放射性核種分析。本季在農畜產物銫-137活度小於最低可測活度至3.0貝克／公斤。海產物銫-137活度均小於最低可測活度至0.3貝克／公斤，與歷年監測結果的比較結果如圖6。



▲ 圖6 核能電廠出水口與鄰近海域海產物試樣銫-137活度與歷年監測結果比較圖

### （四）累積試樣

為了解放射性核種在環境中長年累積的變動情形，採取土壤、岸沙及出水口海域海底沉積物試樣進行放射性核種分析。本季土壤試樣銫-137活度小於最低可測活度至5.0貝克／公斤，土壤試樣與歷年監測結果的比較結果如圖7。



▲ 圖7 核能電廠周圍土壤試樣銫-137活度與歷年監測結果比較圖

## ■結語

綜合本季各項環境試樣的監測結果，均在環境變動範圍，評估各核能電廠周圍民眾所接受的輻射劑量，均符合法規劑量限值，無輻射安全顧慮。

# 核能新聞

文・編輯室

## 國外新聞

### 美國三哩島反應器執照延長

過去5年來，美國三哩島反應器在電廠營運公司艾塞隆投入超過5億美金資金之後，剛獲核能管制委員會更新營運年限。新年限為2034年，其為美國第55部獲得執照延長20年的反應器。三哩島核能電廠即將安裝新的蒸汽產生器，這是該廠目前為止，最大筆的投資。

來源：WNN Overview 2009/10/23

### 南韓新核電廠動工

南韓第2部新世代APR-1400型反應器－新古里4號機於日前動工。機組使用斗山重工生產之重組件。由現代工業領軍的合資企業，負責興建此135萬瓩的機組。南韓希望未來能夠將機組設計，出口到中東和印度。

來源：WNN Overview 2009/10/09

### 澳洲思考核子廢棄物責任

澳洲兩位知名政界人士，先後針對澳洲身為鈾礦出口國，所應負的道德責任發表公開談話。前總理鮑伯霍克表示，澳洲應該視建立核工業為回應地球暖化的道德和環保責任。作法是澳洲擴張在核燃料交易市場的影響力，並取回澳洲出口、鈾燃料經外國核電廠使用後產生的核子廢棄物。另一方面，擔任過澳洲外交部長、現為禁核擴散政策智囊的葛拉斯伊凡斯，也對鮑伯霍克提出的澳洲核能責任說，做出正面回應。

然而伊凡斯的回應恰恰與其頂頭上司－現任外交部長的立場相反。雖然前霍華德政府曾立法通過，在澳洲北部設置核子廢棄物處置場，但現任澳洲政府尚未廢除此法令。不過澳洲政府目前的立場，是不會進口核子廢料。

伊凡斯在提案中說明，鈾出口國(如澳洲)是否該負責出口後、他國後續產生的核子廢棄物，目前仍是各方爭議所在。但他認為澳洲若能拋磚引玉，將能吸引其他鈾出口國跟進。澳洲不需要為設置處置場大驚小怪，因為並不是要處置全球的核子廢棄物。

來源：UPI 2009/10/06

### 中國大陸海陽核電廠灌漿

中國大陸山東省海陽核電廠日前進行首部機組灌漿。這是大陸目前使用西屋AP1000型反應器的第二部機組。剛灌漿的海陽核電廠的第一、二部機組，預計在2014和2015年商轉。海陽核電廠總共會建6部機組，國家發展和改革委員會才剛在2009年3月核可3、4號機的初步作業。

來源：WNN Overview 2009/10/02

### 瑞典反應器功率提升可延壽到2045年

瑞典歐斯卡香3號機功率提升25萬瓩，淨容量達到145萬瓩。預計此次作業可使核電廠壽命延長到60年，至2045年。提升案早在2005年核可，電力公司已經花費4.5億美金做反應器和汽機功率提升。

來源：WNN Overview 2009/10/02

### 核電減碳 擦亮東方之珠

中國大陸廣東省大亞灣核電廠獲得20年延壽，將繼續在大陸東南部扮演重要的供電角色。位在廣東省的大亞灣核電廠在1990年代完工，7成的電力轉售香港。因此香港1/4的電力實質上來自此核電廠。

9月22日香港特區與大亞灣核電廠續約至2034年。根據香港CLP電力公司表示，香港因此將可享用安全、可靠、潔淨且實惠的電力，並可讓CLP電力公司達到在2020年前， 2成電力零排碳的承諾。

CLP電力公司表示，在過去15年來，核電對香港環保貢獻良多，包括改善空氣品質和抗暖化。核電身為近零排碳的電力，因此也大大減少香港二氧化硫、二氧化氮和空浮微粒的排放。多年來核電減少香港共1.3億噸的二氧化碳的排放量，大概是香港現在年排放量的3倍。

來源：WNN News 2009/09/25

### 中國廣東核電集團打入海外市場

香港南華早報表示，中國大陸廣東省核電集團計畫建造、並部分出資中國首部海外反應器機組。該公司鈾資源部門經理表示，海外市場主力會放在發展中國家，不過並未透露花落誰家。廣東省核電集團於官網中表示，一年前已經與貝魯斯簽妥意向書，將進行跨國核工業合作。

來源：Bloomber.com 2009/09/20
http://www.bloomberg.com/apps/news?pid=20601072&sid=aILvv_dGjUPk

### 美國次世代反應器獲政府奧援

美國次世代反應器計畫(Next Generation Nuclear Plant, NGNP)將收到4,000萬美金研究經費，作為先進反應器生產工業用熱使用。

4,000萬美金只是用來研發高溫反應器生產電力和工業用熱，如氫應用的計畫「前金」。至於未來興建此型反應器的細節，還要等待第一期研究結果才能知曉。最高達4,000萬美金的經費，將會用來做反應器概念設計、經費和時程評估，還有整合細部設計、發照和建造作業。雖然計畫當初設定目標是在2010年興建，但能源部希望次世代反應器能在2021年前興建。

對核能來說，產熱應用會是一塊待開發的新領域。可能的應用遍及產氫、精製石油與生質燃料、海水淡化和肥料製造。能源部特別指出，次世代反應器計畫將會將核能應用，擴增到更廣泛的工業和運輸區塊，同時減少燃料使用和環境污染。

能源部長朱棣文表示，「支援核能新科技發展，對美國在未來達到能源、氣候暖化和保安的目標非常重要。」

次世代核能電廠對於美國主要電力消費者，工業用電的企業主來說，有安全、經濟實惠和零排碳的優勢。美國能源部進一步指出，美4成的溫室氣體來自工業。

能源部長結論表示，藉由新科技，將可以減少進口燃料、降低污染和帶給美國數萬個高薪工作。

來源：WNN News 2009/09/21

## 核能利用廣泛 鈾需求提高

世界核能協會市場報告警告，短期內，核燃料供應網應需達到市場需求，但依據燃料的循環來看，應該在2020年後擴增鈾產量。

鈾礦的主要供應來源，自1980年代即不大能應付反應器燃料全球市場的需求，僅能用次要來源－庫存和從除役的核武器再循環的鈾，補足市場缺口。然而，雖然次要來源仍能扮演舉足輕重角色，但報告警告，隨著鈾加工設施長期需求增加，主要來源短缺的時代應該劃下句點。「鈾礦生產應該有戲劇化的成長」而市場應該要能體認這一點。

支援反應器需求的長期鈾產量擴增需要，也延伸到燃料循環服務。雖然看起來鈾轉換、濃縮和鈾加工的產量，到2020年還可應付市場需求，但長期而言，市場需求「看多」，還是需要擴大投資。

新鈾礦在開採前，光是擬定計畫和申請執照就相當曠日廢時，非一蹴可幾。報告分析，新的鈾轉換、濃縮和鈾燃料加工工廠，情況也好不到哪去。多年來由於核工業過度倚賴鈾次要來源，導致大家忽略了主要鈾燃料供應網基礎的重要性，而且也造成供應網脆弱不堪一擊。報告結論表示，這種市場怪象應該在下個時期修正。

來源：WNN News: 2009/09/10

## 全球首部歐洲壓水式反應器頂蓋嵌入

全球第一部歐洲壓水式反應器－芬蘭歐基盧歐圖3號機，隨著反應器頂蓋嵌入，邁入另一個里程碑。超大型吊車將直徑47公尺、重達200噸的鋼製拱頂，吊裝到44公尺高。未來拱頂將與反應器周圍焊接，並鋪上7,000噸水泥。負責歐基盧歐圖建廠計畫的亞瑞華公司表示，反應器頂蓋安裝後，等於土木工程正式告一段落，正式開啟安裝工程。此160萬瓩的反應器，是由包商法國亞瑞華公司負責，預計在2012年營運，與原訂時程略晚3年。不過時程的延誤，使得亞瑞華公司必須任列計畫28億美金的損失，目前與TVO電力公司還在釐清進度落後的責任歸屬。

來源：WNN News 2009/09/08

## 日本六個所村再處理廠進度落後

原訂於8月完工的日本六個所村再處理廠，現修正完工日期至2010年10月。進度落後的主因，是清理和玻璃固化和作業延誤所致。

日本核燃料公司已向經產省提出工作計畫變更核可，將完工日期往後延到2010年。延遲主要的原因，與固化作業線有關，風乾和粉化後的高放射性廢棄物，將會混以熔化的玻璃，再放入鋼瓶做永久貯存。

日本核燃料公司將在9月初開始清理固化窖、隨後再清潔測試時，與液化廢棄物直接接觸的窖。等清潔工作完成後，日本核燃料公司將年底前進行絕緣處理。 六個所村再處理廠正式營運後，每年可處理800噸用過核子燃料，也就是說，該廠可以處理40部百萬瓩級反應器、每年生產的用過核子燃料。換句話說，再處理工廠每年可以應付日本8成用過核子燃料的需求。

來源：WNN News 2009/09/08

## 立陶宛核燃料中期貯存設施動工

立陶宛主管機關於9月1日發給依歌那林納核電廠中期貯存設施建照，專門處置RBMK-1500反應器用過核子燃料。

依歌那林納核電廠提供立陶宛7成電力，廠內有兩部150萬瓩俄式RBMK反應器，1號機於2004年關閉，預計2號機也將在2009年底走入歷史。

依歌那林納與德國公司於2005年初簽訂契約，設計建造中期貯存設施。設施預計在2011年啟用，大概會放置核電廠50年來，共計1萬8千個的用過燃料組件。新中期貯存設施設在兩地。固化廢棄物回收式貯存設施，將設在現有核電廠內。

來源：WNN News 2009/09/03

# 國 內 新 聞

## 治療大腸直腸癌新利器：奈米標靶癌症治療新藥開發

核能研究所藥物研發團隊積極進行奈米標靶癌症治療新核醫藥物開發，將放射性同位素包覆在奈米藥物內，使用靜脈注射方式，將放射性奈米藥物傳輸到腫瘤細胞血管新生處，除了可以阻斷其供應養分通路外，並放出β射線，殺死癌細胞，達到治療腫瘤目的。如錸-188微脂體於轉移性大腸直腸癌的治療，目前已完成動物試驗，證明效果十分理想。

核能研究所開發新藥，完全依照衛生署法規進行，期能對國人醫療照顧貢獻一份力量。(2009.11.09.原子能委員會)

## 「兩岸核能交流」新動態

財團法人核能科技協進會為推動兩岸核能科技及產業之合作交流，特於2009年10月13日與中國核能行業協會簽訂合作備忘錄。

中國核能行業協會是由大陸213個核電暨相關產、官、學、研等單位組成，於2007年4月18日成立。該協會成立的宗旨是貫徹核能發展的方針政策，推動行業自主創新和技術進步，為提高核能利用的安全性、可靠性和經濟性提供服務，促進核能行業發展。

財團法人核能科技協進會與大陸中國核學會於本(98)年12月1-2日在我國核能研究所舉行「第九屆兩岸核能科技學術交流研討會」，邀請兩岸核能專業人士共聚一堂，以兩岸「核能科技學術交流」為主題進行交流研討與座談。（2009.11.09.本刊訊）



## 龍門核能電廠工程進度報導

龍門核能電廠（核四廠）工程總進度至98年10月底為91.20%（註），較98年9月底(91.05%)進展0.15%，各分項工程進度詳如下表：

工程進度（截至98年10月底止）

| | 總進度 | 設計 | 採購 | 施工 | 試運轉 |
|---|---|---|---|---|---|
| 比例 | 100% | 19% | 15% | 58% | 8% |
| 實際進度 | 91.20% | 97.78% | 99.98% | 94.32% | 36.58% |

註：行政院於98年9月18日以院臺經字第0980057452號函核定本計畫第1、2號機商轉日期調整為100年12月15日、101年12月15日。

資料來源：
http://www.aec.gov.tw/www/control/npp4/index_03_2-1.php
http://www.aec.gov.tw/upload/1255665097LM9809.pdf



圖1. 龍門計畫第36次定期視察後會議

圖2. 龍門計畫第36次定期視察作業情形